

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **09283840 A**(43) Date of publication of application: **31.10.97**

(51) Int. Cl.

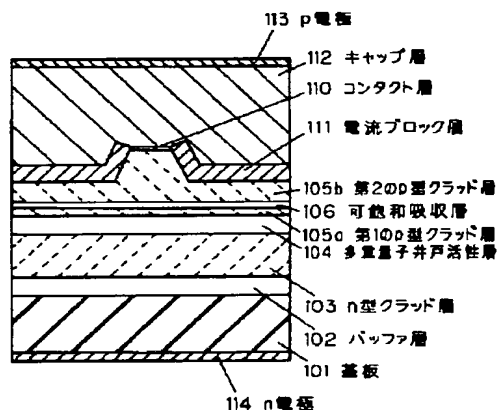
H01S 3/18(21) Application number: **08092349**(22) Date of filing: **15.04.96**(71) Applicant: **MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD**(72) Inventor: **KIDOGUCHI ISAO
ADACHI HIDETO
KUMABUCHI YASUHITO
TAKAMORI AKIRA
MANNOU MASAYA
FUKUHISA TOSHIYA**(54) **SEMICONDUCTOR LASER**

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To absorb effectively laser beams by a saturable absorption layer by a method wherein an energy gap of a saturable absorption layer is decreased only by a specific value more than that between base levels of a quantum well layer of an active layer.

SOLUTION: A difference in an energy gap between an active layer 104 and a saturable absorption layer 106 is 30meV, to 200meV, whereby the saturable absorption layer absorbs effectively laser beams, and as absorption of beams is also saturated, a stable self-exciting oscillation can be obtained. If a difference in an energy gap between the active layer 104 and the saturable absorption layer 106 is less than 30meV, an automatic oscillation cannot be obtained. This is because the saturable absorption layer 106 does not absorb laser beams since the difference is small. When the difference exceeds 200meV, an optical absorption is excessively large in the saturable absorption layer 106 and the saturable absorption layer 106 does not indicate saturation characteristics. Accordingly, the difference in an energy gap is set to be 30meV to 200meV, so that the saturable absorption layer can absorb effectively laser beams.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-283840

(43) 公開日 平成9年(1997)10月31日

(51) Int. Cl.⁶

H01S 3/18

識別記号

庁内整理番号

F I

H01S 3/18

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数16 OL (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平8-92349

(22) 出願日 平成8年(1996)4月15日

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 木戸口 勲

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 足立 秀人

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 熊淵 康仁

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74) 代理人 弁理士 滝本 智之 (外1名)

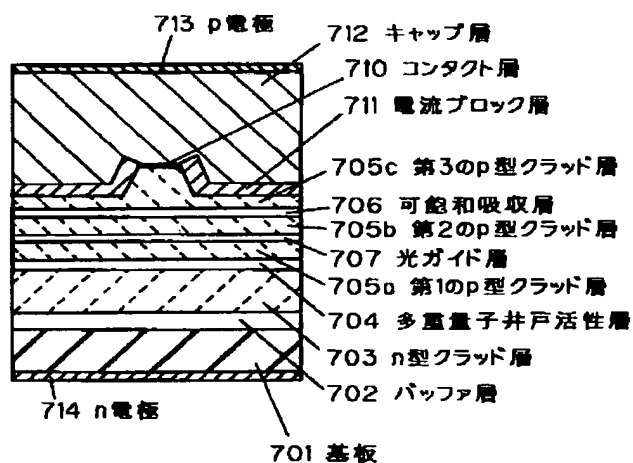
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ

(57) 【要約】

【課題】 安定な自励発振特性を有する半導体レーザを提供する。

【解決手段】 n型GaAs基板701上に、n型GaAsバッファ層702、AlGaInPのn型クラッド層703、AlGaInPおよびGaInPからなる多重量子井戸構造の活性層704、p型のAlGaInPからなる第1のp型クラッド層705a、光ガイド層707、第2のp型クラッド層705b、p型のGaInPからなる可飽和吸収層706、AlGaInPからなる第3のp型クラッド層707が順次形成されている。この構造には、可飽和吸収層の体積を小さくすると同時に光ガイド層を設けている。可飽和吸収層の体積を小さくするほど、キャリア密度を容易に上げることができ、飽和状態になりやすく、可飽和吸収の効果が顕著となる。これにより、安定した自励発振特性が得られ、その結果、相対雑音強度の低い半導体レーザを実現できる。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 量子井戸層を有する活性層と、該活性層を挟むクラッド構造とを備えた半導体レーザであって、該クラッド構造は、可飽和吸収層と、該可飽和吸収層を含んでおり、

該可飽和吸収層は秩序構造を有し、該量子井戸層は無秩序化しており、

該可飽和吸収層のエネルギーギャップが、該活性層の量子井戸層の基底準位間のエネルギーギャップよりも、30から200meVだけ小さい半導体レーザ。

【請求項2】 量子井戸層を有する活性層と、該活性層を挟むクラッド構造とを備えた半導体レーザであって、該クラッド構造は、可飽和吸収層と、該可飽和吸収層の光閉じ込め率を高める光ガイド層とを含んでおり、

該可飽和吸収層は秩序構造を有し、該量子井戸層は無秩序化しており、

該可飽和吸収層のエネルギーギャップが、該活性層の量子井戸層の基底準位間のエネルギーギャップよりも、30から200meVだけ小さく、しかも、該光ガイド層は該活性層から離れた位置に配置されている半導体レーザ。

【請求項3】 前記可飽和吸収層の厚さは、約10から約100オングストロームの範囲内にある請求項1または2に記載の半導体レーザ。

【請求項4】 前記可飽和吸収層が複数設けられている請求項1または2に記載の半導体レーザ。

【請求項5】 前記飽和吸収層のエネルギーギャップが、前記活性層の量子井戸層の基底準位間のエネルギーギャップよりも、50から100meVだけ小さい請求項1または2に記載の半導体レーザ。

【請求項6】 前記光ガイド層は、前記クラッド構造の他の部分のバンドギャップよりも小さく、前記可飽和吸収層のバンドギャップよりも大きなバンドギャップを有している請求項1または2に記載の半導体レーザ。

【請求項7】 前記光ガイド層の厚さは、300～1200オングストロームの範囲内にある請求項6に記載の半導体レーザ。

【請求項8】 前記光ガイド層は、前記クラッド構造内で複数の部分に分離されている請求項7に記載の半導体レーザ。

【請求項9】 前記光ガイド層は、前記クラッド構造内で、前記可飽和吸収層に隣接している請求項6に記載の半導体レーザ。

【請求項10】 量子井戸層を有する活性層と、該活性層を挟むクラッド構造とを備えた半導体レーザであって、

該クラッド構造は、可飽和吸収層と、該可飽和吸収層を含んでおり、

該可飽和吸収層は電流ブロック層に隣接している半導体レーザ。

2

【請求項11】 前記可飽和吸収層には、 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上の不純物がドーピングされている請求項1または2または10に記載の半導体レーザ。

【請求項12】 前記活性層は、多重量子井戸構造を有している請求項1または2または10に記載の半導体レーザ。

【請求項13】 前記活性層中の量子井戸層と、前記可飽和吸収層とは、まわりの層にはほぼ格子整合している請求項1または2または10に記載の半導体レーザ。

10 【請求項14】 請求項1～12のいずれかに記載の半導体レーザと、前記半導体レーザ素子から放射されたレーザ光を記録媒体に集光する集光光学系と、前記記録媒体によって反射されたレーザ光を検出する光検出器とを備えた光ディスク装置。

【請求項15】 半導体レーザは、記録媒体に記録されている情報を再生するときには、自励発振モードで動作する請求項13に記載の光ディスク装置。

20 【請求項16】 半導体レーザの近傍に光検出器が配置されている請求項13または14に記載の光ディスク装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ディスクシステムの光源などに用いられる自励発振型の半導体レーザに関する。

【0002】

30 【従来の技術】近年、光通信、レーザプリンタ、光ディスクなどの分野で半導体レーザの需要が高まり、GaAs系、およびInP系を中心として活発に研究開発が進められてきた。光情報処理分野においては、特に波長が780nmのAlGaAs系半導体レーザの光による情報の記録・再生を行う方式が実用化され、コンパクトディスク等で広く普及するに至っている。

【0003】しかし最近になってこれらの光ディスク装置に益々記憶容量の増加が求められるようになり、それに伴い短波長レーザへの要望が強まってきている。AlGaInP系半導体レーザは波長が630～690nmでの赤色領域で発振が可能であり、現在実用レベルにある半導体レーザの中で最も短波長の光が得られるものである。したがって、従来のAlGaAs系半導体レーザに代わる次世代の大容量光情報記録用光源として有望である。ところで、半導体レーザは光ディスクの再生時に、ディスク面からの反射光の帰還や温度の変化により強度雑音が発生し、信号の読取エラーを誘発する。したがって光ディスクの光源用には強度雑音の少ないレーザが不可欠となる。

50 【0004】従来、再生専用・低出力のAlGaAs系半導体レーザでは雑音を低減するためにリジストライプの両側に意図的に可飽和吸収体が形成されるような構造を採用することによって低雑音化を図ってきた。これ

によって縦モードをマルチ化することができる。レーザが縦単一モードで発振しているときに光の帰還や温度変化等の外乱が入ると利得ピークの微少な変化によって近接する縦モードが発振を開始し、元の発振モードとの間で競合を起こす。これが雑音の原因となっており、縦モードをマルチ化すると各モードの強度変化が平均化され、しかも外乱によって変化しないので安定な低雑音特性を得ることができる。

【0005】また、別の方法としてさらに安定な自励発振特性を得る方法が特開昭63-202083号公報に示されている。ここでは出力光を吸収することのできる層を設けることによって自励発振型半導体レーザを実現している。

【0006】さらに、特開平6-260716号公報では活性層のエネルギーギャップと吸収層のエネルギーギャップをほぼ等しくすることによって特性を改善したと報告がなされている。特に、歪量子井戸活性層のエネルギーギャップと歪量子井戸可飽和吸収層のそれがほぼ等しくなっている。この構成によって良好な自励発振特性を得ようとしている。同様の構成が、特開平7-22695号公報にも記載されている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、本発明者らの検討によると、可飽和吸収層と活性層とのエネルギーギャップをほぼ等しくするだけでは、良好な自励発振特性が得られないことが明らかとなった。

【0008】そこで本発明は、可飽和吸収層と活性層とのエネルギーギャップ差を検討することにより、低雑音特性に有効な安定した自励発振特性をもつ半導体レーザを提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明による半導体レーザは、量子井戸層を有する活性層と、該活性層を挟むクラッド構造とを備えた半導体レーザであって、該クラッド構造は、可飽和吸収層を含んでおり、該可飽和吸収層は秩序構造であり、該量子井戸層は無秩序化構造であり、該可飽和吸収層のエネルギーギャップが、該活性層の量子井戸層の基底準位間のエネルギーギャップよりも、30から200meVだけ小さく、しかも、該光ガイド層は該活性層から離れた位置に配置され、そのことにより上記目的が達成される。

【0010】本発明による半導体レーザは、量子井戸層を有する活性層と、該活性層を挟むクラッド構造とを備えた半導体レーザであって、該クラッド構造は、可飽和吸収層と、該可飽和吸収層の光閉じ込め率を高める光ガイド層とを含んでおり、該可飽和吸収層は秩序構造であり、該量子井戸層は無秩序構造であり、該可飽和吸収層のエネルギーギャップが、該活性層の量子井戸層の基底準位間のエネルギーギャップよりも、30から200meVだけ小さく、しかも、該光ガイド層は該活性層から

離れた位置に配置され、そのことにより上記目的が達成される。

【0011】前記可飽和吸収層の厚さは、約10から約100オングストロームの範囲内にあることが好ましい。

【0012】前記可飽和吸収層が複数設けられていてもよい。前記可飽和吸収層のエネルギーギャップが、前記活性層の量子井戸層の基底準位間のエネルギーギャップよりも、50から100meVだけ小さいことが好ましい。

【0013】前記光ガイド層は、前記クラッド構造の他の部分のバンドギャップよりも小さく、前記可飽和吸収層のバンドギャップよりも大きなバンドギャップを有していることが好ましい。

【0014】前記光ガイド層の厚さは、300~1200オングストロームの範囲内にあることが好ましい。

【0015】前記光ガイド層は、前記クラッド構造内で複数の部分に分離されていてもよい。

【0016】前記光ガイド層は、前記クラッド構造内で、前記可飽和吸収層に隣接していてもよい。

【0017】前記可飽和吸収層には、 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上の不純物がドーピングされていることが好ましい。

【0018】前記活性層は、多重量子井戸構造を有していることが好ましい。

【0019】

【発明の実施の形態】本発明者らは、「活性層と可飽和吸収層とのエネルギーギャップ差(ΔE)」と自励発振との関係を検討した。本願明細書において、活性層と可飽和吸収層とのエネルギーギャップ差(ΔE)とは、活性層および可飽和吸収層が量子井戸構造を有している場合、「レーザ発振前における活性層の量子井戸層の基底準位間のエネルギーギャップ(E'_{ga})から、可飽和吸収層の基底準位間のエネルギーギャップ(E'_{gs})を引いた値($E'_{ga} - E'_{gs}$)」を意味する。これらのエネルギーギャップと、バンドギャップ(E_{ga} , E_{gs})との関係を図1に模式的に示す。一般に、量子井戸構造を持つ半導体層において、基底準位間のエネルギーギャップは、伝導帯の底と価電子帯の底の間ではなく、それぞれの量子準位間のエネルギー差(E'_{g})であるので、通常のバンドギャップ(E_g)よりも、約70meV程度、エネルギーギャップは大きくなる。

【0020】なお、活性層が量子井戸構造を有し、可飽和吸収層がバルク構造を有している場合は、活性層と可飽和吸収層とのエネルギーギャップ差は、「レーザ発振前における活性層の基底準位間のエネルギーギャップ(E'_{ga})から、可飽和吸収層のバンドギャップ(E_{gs})を引いた値」を意味することとする。

【0021】本発明において、可飽和吸収層は、量子井戸構造を持つこともあれば、バルク構造を持つこともある。そのため、本願明細書では、便宜上、「可飽和吸収

5

層のエネルギーギャップ」を、次のように定義することとする。すなわち、可飽和吸収層が量子井戸構造を有する場合は、「基底準位間のエネルギーギャップ (E'_{gs})」を意味し、可飽和吸収層がバルク構造を有する場合は、その「バンドギャップ (E_{gs})」を意味することとする。この「可飽和吸収層のエネルギーギャップ」という言葉を用いれば、「活性層と可飽和吸収層とのエネルギーギャップ差」は、「レーザ発振前における活性層の量子井戸層の活性層の基底準位間のエネルギーギャップから可飽和吸収層のエネルギーギャップを引いた値」と表現される。

【0022】本願発明者らによる検討の結果、活性層と可飽和吸収層とのエネルギーギャップ差 (ΔE) を30 meVから200 meVとすることで、可飽和吸収層がレーザ光を効率よく吸収するとともに、光の吸収も飽和するため、安定した自励発振が得られることが明らかとなった。活性層と可飽和吸収層とのエネルギーギャップ差 (ΔE) が30 meVより小さければ自励発振は得られない。これはエネルギーギャップ差が小さいため、可飽和吸収層があまりレーザ光を吸収しないためであると20 考えられる。また、エネルギーギャップ差 (ΔE) が200 meVを越えると、可飽和吸収層での光吸収が大きくなりすぎ、可飽和吸収層が飽和特性を示さなくなるので、自励発振が起こらない。したがって、エネルギーギャップ差 (ΔE) は30~200 meVがよいことがわかった。

【0023】現在の結晶成長技術によれば、各半導体層のエネルギーギャップ及びエネルギーギャップ差 (ΔE) は数meV以下の精度で制御できる。このため、形成された活性層と可飽和吸収層とのエネルギーギャップ差 (ΔE) が10 meVもあれば、これらの活性層および可飽和吸収層は、エネルギーギャップ差 (ΔE) を設けることを意図して形成されたものと認められる。従って、活性層と可飽和吸収層とのエネルギーギャップ差 (ΔE) が10 meV以上あれば、活性層の量子井戸層の基底準位間のエネルギーギャップと、可飽和吸収層のエネルギーギャップとが「ほぼ同一である」とは言えない。

【0024】エネルギーギャップ差 (ΔE) が、特に50 meV~100 meVの範囲では、可飽和吸収層の飽和条件が最適となり、高い動作温度でも安定な自励発振が達成される。エネルギーギャップ差 (ΔE) が100 meVを越えると、可飽和吸収層での光吸収がだんだん大きくなり、動作電流もやや大きくなる。よって、エネルギーギャップ差は100 meV以下であれば好ましいといえる。このように、エネルギーギャップ差が50~100 meVの範囲内にあるとき、半導体レーザの動作電流が大きならない上に、極めて特性のよい自励発振特性が得られる。特に、車等の比較的に高温の環境で半導体レーザを動作させる可能性がある場合、このような

6

エネルギーギャップ差に設定することが好ましい。

【0025】可飽和吸収層の体積を小さくすると、可飽和吸収層でのキャリア密度を容易に上げられる。活性層が放出したレーザ光を可飽和吸収層が吸収し、電子とホールペアを生じるが、可飽和吸収層の体積が小さいと、単位体積あたりの光の吸収量が増加し、このキャリア密度を容易に上げることができる。そして飽和状態になりやすく、可飽和吸収の効果が顕著となる。したがって、可飽和吸収層が薄いほど、強く安定な自励発振特性を得ることができることが本発明者らの実験により明らかとなった。このような強く安定な自励発振を引き起こすためには、可飽和吸収層の厚さを、約10~1000 Åの範囲内にすることが好ましい。ただし、可飽和吸収層の厚さが約100 Åを越えてバルク構造を持つような厚さであっても、エネルギーギャップ差を好ましい範囲内に設定すれば、問題ない。また可飽和吸収層は複数に分離されて設けられても良い。

【0026】本発明の半導体レーザでは、クラッド構造中に光ガイド層を設けている。その理由は、可飽和吸収層の体積を小さくするために可飽和吸収層の厚さを量子井戸層のように薄くした場合に、可飽和吸収層での光の閉じ込め率が極端に減少する結果、安定な自励発振が得られなくなることを防止するためである。光ガイド層を用いて、例えば、活性層への光閉じ込め率が5.0%以上に維持したまま、可飽和吸収層への閉じ込め率を少なくとも1.2%程度以上にすると、安定な自励発振を生じることが可能となる。

【0027】このように本願発明における光ガイド層は、可飽和吸収層の光閉じ込め率を高めるためのものであり、活性層から離れた位置に配置される。この点で、活性層の光閉じ込め率を高めるために活性層に隣接する位置に配置された従来の光ガイド層とは大きく異なる。

【0028】なお、可飽和吸収層と光ガイド層との位置関係は、可飽和吸収層の体積および光閉じ込めを考慮して、最適に決定される。

【0029】以下、本発明の実施例について図面を参照しつつ説明する。

(実施例1) 図2は、本発明による半導体レーザの実施例の断面図である。この半導体レーザは、n型のGaAs基板101と、GaAs基板101上に形成された半導体積層構造を備えている。GaAs基板101は、(100)面の面方位が<011>方向に10度傾斜したいわゆるオフ基板を用いている。

【0030】また、この半導体積層構造は、n型GaAsバッファ層102、n型AlGaInPクラッド層103、AlGaInPおよびGaInPからなる多重量子井戸活性層104、第1のp型AlGaInPクラッド層105a、p型のGaInPからなる可飽和吸収層106、第2のp型AlGaInPクラッド層105b

を含んでいる。第2のp型AlGaInPクラッド層105bの上面には、共振器長方向に延びるストライプ状リッジ部分(幅:約2.0~7.0 μ m)が形成されている。第2のp型クラッド層105bのリッジ部分上面には、コンタクト層110が形成されている。

【0031】第2のp型クラッド層105b及びコンタクト層110の両側には、n型のGaAs層電流ブロック層111が形成されている。にコンタクト層110と電流ブロック層111の上にはp型のGaAsキャップ層112が形成されている。キャップ層112の上面にはp電極113が形成され、基板101の裏面にはn電極114が形成されている。活性層104は3層の井戸層と障壁層からなる多重量子井戸構造となっている。

【0032】ここで可飽和吸収層はIII属元素であるGa、InとV属元素であるPとが規則的に配置した秩序化構造(オーダリング構造)であり、活性層中の井戸層は、III属元素のGa、InとV属元素のPとが規則的に配置せず、ランダムに配置した無秩序化構造(ディスオーダリング構造)となっている。このため、可飽和吸収層と量子井戸層とは、同じ組成のGa_{0.41}In_{0.59}Pでありながら、バンドギャップは無秩序化した量子井戸層の方が大きくなり、そのエネルギーギャップ差も80meVとなり、量子井戸層の方が大きい。また、可飽和吸収層と量子井戸層は、ともに0.75%の圧縮歪みが入*

名 称	番号	ドーピング	膜厚
キャップ層	・・・112	5×10^{18} (cm ⁻³)	3 μ m
コンタクト層	・・・110	1×10^{18} (cm ⁻³)	500Å
第2のp型クラッド層	・・・105b	1×10^{18} (cm ⁻³)	0.9 μ m
可飽和吸収層	・・・106	2×10^{18} (cm ⁻³)	50Å
第1のp型クラッド層	・・・105a	5×10^{17} (cm ⁻³)	500Å
活性層	・・・104	アンドープ	500Å
障壁層			50Å
井戸層			50Å
n型クラッド層	・・・103	5×10^{17} (cm ⁻³)	1.0 μ m
バッファ層	・・・102	1×10^{18} (cm ⁻³)	0.3 μ m

図3は、本実施例の半導体レーザについて、活性層付近から可飽和吸収層付近までの(A_{1-x}Ga_{1-x})_{0.5}In_{0.5}PのA₁組成xの分布を示す。この実施例では、n型クラッド層103、第1のp型クラッド105a、第2のp型クラッド層105bのA₁組成は0.7である。活性層104内の量子井戸層と可飽和吸収層は、ともに、Ga_{0.41}In_{0.59}Pから形成されているため、圧縮歪みが0.75%程度加わっているが、この程度での格子不整合では結晶性の劣化もほとんどない。

【0037】自励発振を安定に起こさせるための重要な点は、活性層104の量子井戸層と可飽和吸収層とのエネルギーギャップ差にある。実施例1では、そのエネルギーギャップ差が80meVとなっており、安定した自励発振が得られた。

【0038】本願発明者は、可飽和吸収層の働きとエネ※50

*っているが、結晶に歪みが入ることによる結晶性の劣化もなく、それぞれの結晶性も良好なものとなっている。

【0033】同じ組成でありながら、可飽和吸収層を秩序化構造とし、量子井戸層を無秩序化構造とする方法について説明する。図17は、横軸に成長温度、縦軸にGaInPのバンドギャップの大きさをとったものである。成長ガスのV/III比は、200~300程度である。量子井戸層の成長温度Taを760℃とし、可飽和吸収層の成長温度Tsを720℃とすることにより、バンドギャップ差をつけることができる。この条件では、エネルギーギャップ差も80mVとなり、自励発振に有効な値に設定することができる。

【0034】本願明細書では、半導体積層構造から、バッファ層、活性層、コンタクト層、キャップ層および電流ブロック層を除いた残りの部分を、全体として、「クラッド構造」と呼ぶことにする。本実施例の場合は、n型AlGaInPクラッド層103、第1のp型AlGaInPクラッド層105a、可飽和吸収層106、第2のp型AlGaInPクラッド層105bが、クラッド構造を構成している。

【0035】本実施例の積層構造を構成する各半導体層のドーピングレベルおよび膜厚は以下の通りである。

【0036】

※ルギーギャップ差について検討してみた。その結果を以下に説明する。

【0039】まず、図4(a)から(c)を参照する。図4(a)からわかるように、注入電流が40mAになるとレーザ発振(自励発振)が起こり、その後、注入電流を更に大きくすると、図4(a)中のA点で自励発振が停止し、通常のレーザ発振となる。自励発振によって得られる最大の光出力をP_{max}と呼ぶことにする。図4(a)の例では、P_{max}は4.0mWである。P_{max}を与える電流よりも小さな電流では、図4(c)のように、時間の経過とともに光出力が大きく振動し、安定した振幅を持つ自励発振が得られる。しかし、P_{max}を与える電流よりも大きな電流では、図4(b)に示すように、時間の経過とともに光出力の振幅が徐々に減少し、通常のレーザ発振になる。

【0040】注入電流と同様に、動作温度 T も、あるレベルを越えると、自励発振しなくなる傾向がある。自励発振が観測される最高の温度を T_{\max} とした。 T_{\max} は、言い換えれば、自励発振が停止する温度ともいえる。

【0041】図5は、その横軸がエネルギーギャップ差 (meV)、縦軸が T_{\max} (自励発振が停止する温度) と P_{\max} (室温での自励発振の最大光出力) を示すグラフである。実験の結果、エネルギーギャップ差が10、20 meVでは自励発振は観測されず、30 meVで自励発振が観測された。30 meVでは、51℃まで自励発振が観測でき、その時、光出力が5 mWまで自励発振した。

【0042】エネルギーギャップ差が30 meV以上になって自励発振がおこりはじめ、200 meVまで自励発振が確認できた。特にエネルギーギャップ差が50~100の範囲では T_{\max} が高く、 P_{\max} も大きいので実用的に好ましい範囲である。以上述べたように、安定な自励発振のためには、活性層と可飽和吸収層のエネルギーギャップ差を所定の値にすることが重要である。このエネルギーギャップ差は可飽和吸収層の成長条件、即ち、自然超格子が形成される条件で形成することで、可飽和吸収層への歪みの量を大きく加えることなく確保することができる。

【0043】エネルギーギャップ差が100 meVを越えると、活性層と可飽和吸収層とのエネルギーギャップの差から、可飽和吸収層でのレーザ光の吸収が大きくなり、その結果、動作電流がやや大きくなる傾向にある。これについて図6を用いて説明する。

【0044】図6は、横軸がエネルギーギャップ差 (meV)、縦軸が動作電流 (mA) のグラフである。エネルギーギャップ差が100 meVを越えると、動作電流が130 mAよりおおきくなる。

【0045】図7は、動作電流と本実施例の半導体レーザの寿命との相関関係を示すグラフである。このグラフは、半導体レーザの光出力を5 mWに維持し、動作温度が60℃の状態にて測定された結果に基づいている。寿命を5000時間以上にするには、動作電流を130 mA以下にすればよいことが図13からわかる。

【0046】図6及び図7からわかるように、寿命の観点からは、エネルギーギャップ差が100 meV以下であることが望ましい。

【0047】図8は、この半導体レーザの電流-光出力特性を示すグラフである。グラフの横軸は、レーザへの注入電流 (mA) を、縦軸は光出力 (mW) を示している。閾値電流は、約50 mAである。自励発振型半導体レーザの特性が、通常の半導体レーザの特性と異なるのは、図8にも表れているように、閾値電流近傍で光出力の急激な立ち上がり観測される点にある。これは、可飽和吸収層が存在するために、ある程度のキャリアの注入量に達するまでは光出力が外部へ放出されないことに

よる。注入電流がある値を越えるとレーザ発振が生じ、注入電流に比例して光出力が増加しはじめる。

【0048】図9は、本実施例の半導体レーザの図8のP点における出力波形を示す。図9に示されるように、わずか2 nsの間に光出力が大きく振動しており、自励発振していることが確認できた。

【0049】本発明の半導体レーザでは、可飽和吸収層のドーピングレベルを 2×10^{18} (cm⁻³) として、キャリアの寿命時間を低減している。その結果、キャリアの時間変化率に対する自然放出の寄与が増大し、自励発振を容易に生じることができる。ドーピングは、 1×10^{18} (cm⁻³) 以上あれば、キャリアの寿命時間を低減する効果がある。

【0050】本実施例では、厚さが50オングストロームの可飽和吸収層を用いたが、可飽和吸収層の厚さは、これに限定されない。可飽和吸収層を多重量子井戸構造を持つものとしても良く、また、バルク構造を持つものとしてもよい。

【0051】(実施例2) 次に、図10を参照しながら、本発明による半導体レーザの第2の実施例を説明する。この半導体レーザは、n型のGaAs基板701と、GaAs基板701上に形成された半導体積層構造を備えている。この半導体積層構造は、n型GaAsバッファ層702、n型AlGaInPクラッド層703、AlGaInPおよびGaInPからなる多重量子井戸活性層704、第1のp型AlGaInPクラッド層705a、光ガイド層707、第2のp型AlGaInPクラッド層705b、p型のGaInPからなる可飽和吸収層706、第3のp型AlGaInPクラッド層705cを含んでいる。第3のp型AlGaInPクラッド層705cの上面には、共振器長方向に延びるストライプ状リッジ部分 (幅: 2.0~7.0 μm) が形成されている。第3のp型クラッド層705cのリッジ部分上面には、コンタクト層710が形成されている。第3のp型クラッド層705c及びコンタクト層710の両側には、n型のGaAs層電流ブロック層711が形成されている。コンタクト層710と電流ブロック層711の上にはp型のGaAsキャップ層712が形成されている。キャップ層712の上面にはp電極713が形成され、基板701の裏面にはn電極714が形成されている。活性層704は3層の井戸層と障壁層からなる多重量子井戸構造となっている。

【0052】本実施例の場合は、n型AlGaInPクラッド層703、第1のp型AlGaInPクラッド層705a、光ガイド層707、第2のp型AlGaInPクラッド層705b、可飽和吸収層706、第3のp型AlGaInPクラッド層705cが、クラッド構造を構成している。前述の実施例と異なる点は、後で詳細に説明するように、クラッド構造中に光ガイド層707を設けたことにある。

11

【0053】図11にn型クラッド層703から第3のp型クラッド層705cまでの(A1xGa1-x)0.5In0.5PのA1組成xの分布を示す。n型クラッド層、第1のp型クラッド層、第2のp型クラッド層、第3のp型クラッド層、光ガイド層は、A1組成を0.5としている。また活性層704の井戸層および可飽和吸収層706は、ともにGa0.41In0.59Pとしている。成長条件は、実施例1と同様である。

【0054】本実施例でも、可飽和吸収層の基底準位と井戸層の基底準位との差(エネルギーギャップ差)を80meVとしている。図10に示すような構造の場合でも、安定した自励発振を起こさせるためには、エネルギーギャップ差が30~200meVの範囲内にある必要があり、50~100meVの範囲内にあることが好ましい。

【0055】本実施例の特徴は、可飽和吸収層の体積を小さくするとともに、光ガイド層をクラッド構造中に設けている点である。可飽和吸収層の体積を小さくするほど、キャリア密度を容易に上げることができる。キャリア密度が高いほど、光吸収は飽和状態になりやすくなるので、可飽和吸収効果が顕著となる。このため、可飽和吸収層の体積を小さくするほど、強い自励発振が得られることになる。しかしながら、可飽和吸収層の体積が小さくなるほど、可飽和吸収層における光の閉じ込め率が小さくなってしまいう問題がある。本実施例では、活性層と可飽和吸収層との間に光ガイド層を設けることによって、活性層から可飽和吸収層の方向へレーザ光の分布を広げ、それによって可飽和吸収層の光閉じ込め率を高め、可飽和吸収層と光の相互作用の働きを強めている。このように、本実施例の光ガイド層は、可飽和吸収層の光閉じ込め率を高めるものであり、活性層の光閉じ込め率を高める従来の光ガイド層とは、機能が大きく異なっている。

【0056】次に、図12(a)、(b)及び図13を参照しながら、本実施例における光ガイド層の機能を詳細に説明する。図12(a)は光ガイド層を設けなかった場合、図12(b)は光ガイド層を設けた場合の光強度分布を示している。図12(b)からわかるように、クラッド構造の他の部分よりも相対的にエネルギーギャップが小さい(屈折率が高い)半導体層を光ガイド層として活性層から離れた位置に設けることによって、光強度のピークが2つできる。すなわち、活性層と光ガイド層の各々への光閉じ込めが可能になり、その結果、可飽和吸収層へ有効に光を分布させることができる。

【0057】図13は、光閉じ込め率の光ガイド層厚さ依存性を示すグラフである。横軸は光ガイド層の厚さ(オングストローム)、縦軸は光閉じ込め率(%)を示している。ここで、ある層の「光閉じ込め率」とは、光の全体量のうち、その層内に分布している光の量の割合を示すものである。

12

【0058】実験の結果、安定した自励発振特性を得るためには、活性層の光閉じ込め率が5%以上、可飽和吸収層の光閉じ込め率が1.2%以上必要であることがわかった。このような光閉じ込め率を得るためには、光ガイド層の厚さを300~1200オングストロームの範囲内にすればよいことがわかった。このように、光ガイド層をクラッド構造内に設けることによって、実施例1の半導体レーザと同様に、安定した自励発振特性が得られる。

10 【0059】可飽和吸収層の位置は、光ガイド層から離れた位置に形成されているが、図14に示すように光ガイド層中に形成してもよい。可飽和吸収層への光閉じ込め率が1.2%以上となるように光ガイド層中に可飽和吸収層を形成すれば、自励発振を起こさせることができる。

20 【0060】なお、実施例1及び2では、活性層が多重量子井戸構造の場合について説明したが、単一の量子井戸構造であっても、量子井戸層と可飽和吸収層との基底準位のエネルギーギャップの差を、30~200meV、特に、50~100meVにすることで安定した自励発振特性をもつ半導体レーザを実現できる。また、活性層が量子井戸を持たないバルク型であっても、エネルギーギャップ差を上記範囲内に設定すれば、本発明の効果をを得ることができる。

30 【0061】実施例2では、光ガイド層を可飽和吸収層と活性層との間に配置したが、光ガイド層と可飽和吸収層との配置関係は、それに限定されるものではない。図15を参照して、光ガイド層と可飽和吸収層との配置関係を説明する。図15において、SA1からSA5で示される破線部の何れの位置に可飽和吸収層を配置しても良い。

40 【0062】SA1で示される位置は、実施例2における可飽和吸収層の位置に対応している。SA1で示される位置は光ガイド層から離れているが、可飽和吸収層は光ガイド層に隣接していても良い。SA2からSA4は、光ガイド層内に設けられた可飽和吸収層の位置を示している。SA5は、光ガイド層と活性層との間に設けられた可飽和吸収層の位置を示している。SA5で示される位置は光ガイド層から離れているが、可飽和吸収層は光ガイド層に隣接していても良い。

【0063】光ガイド層内に可飽和吸収層を設けた場合と、そうではない場合とでは、可飽和吸収層からみた量子井戸の障壁の高さが異なるため、可飽和吸収層内の基底準位のレベルは多少変化する。

50 【0064】なお、可飽和吸収層に不純物が高濃度でドーピングされている場合、活性層の近傍に可飽和吸収層を配置すると、可飽和吸収層中の不純物が活性層に悪影響を与えるおそれがある。そのため、例えば不純物濃度が $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上の可飽和吸収層を設ける場合、可飽和吸収層と活性層との間隔を200オングストローム

13

μm以上離すことが好ましい。

【0065】また、可飽和吸収層の数はひとつに限られない。例えば、図15のSA1からSA5のうちの何れか2以上の位置の各々に可飽和吸収層を配置してもよい。あるいは、可飽和吸収層が多重量子井戸構造を持つようにしてもよい。ただし、複数の可飽和吸収層をクラッド構造内に設けると、結果的に可飽和吸収層のトータルの体積が増加するため、可飽和吸収層内のキャリア密度が低下するという問題が生じる。また、比較的屈折率の大きな材料から形成される可飽和吸収層を複数個、近接させて配置する場合は、それら複数の可飽和吸収層が近接配置された部分に光が閉じ込められやすくなるため、光ガイド層を設ける必要性は低下する。

【0066】なお、光ガイド層を複数に分離して設けても良い。例えば、一対の光ガイド層で可飽和吸収層を挟み込むようにしてもよい。もし、それら一対の光ガイド層を可飽和吸収層に隣接するように配置したならば、図15のSA3に可飽和吸収層を設けた構造が得られる。そのような場合、光ガイド層内に可飽和吸収層を設けたと表現することもできる。光ガイド層内に可飽和吸収層を設けた場合の光ガイド層の厚さとは、図16に示す第1の光ガイド部分の厚さT1と第2の光ガイド部分の厚さT2の和で表される。

【0067】また可飽和吸収層は、図2、図10のようにリッジ構造の下部のクラッド層中に配置されているが、図18に示すような位置に可飽和吸収層は配置されていてもよい。図18(a)では、可飽和吸収層は、リッジ構造の直下に配置されている。この構造にすれば、電流ブロック層下の可飽和吸収層は、逆バイアスにより空乏化しており、多数キャリアである正孔(ホール)はストライプの中に閉じ込められている。(b)の構造は、リッジ構造の内部に可飽和吸収層を形成した構造である。リッジ構造形成のためのエッチングを行うため、可飽和吸収層の下にはエッチング停止層が形成されている。エッチングはこのエッチング停止層でストップする。(a)、(b)のいずれの構造でも、80℃程度の高温、20mW程度の高出力まで自励発振特性を維持させることができる。

【0068】(実施の形態3)次に、図19を参照しながら、本発明による光ディスク装置を説明する。

【0069】この光ディスク装置は、前述の本発明による半導体レーザ1901と、半導体レーザ1901から放射されたレーザ光(波長650nm)1902を平行光にするコリメータレンズ1903と、その平行光を3本のレーザ光(図では1本のレーザ光のみ図示されている)に分離する回折格子1904と、レーザ光の特定成分を透過/反射するハーフプリズム1905と、ハーフプリズム1905から出たレーザ光を光ディスク1907上に集光する集光レンズ1906とを備えている。光ディスク1907上では、例えば、直径1μm程度のレ

14

ーザビームスポットが形成される。光ディスク1907は、読み出し専用のものに限定されず、書き換え可能なものでもよい。

【0070】光ディスク1907からの反射レーザ光は、ハーフプリズム1905で反射された後、受光レンズ1908及びシリンドリカルレンズ1909を透過し、受光素子1910に入射する。受光素子1910は、複数の分割されたフォトダイオードを有しており、光ディスク1907から反射されたレーザ光に基づいて、情報再生信号、トラッキング信号及びフォーカスエラー信号を生成する。トラッキング信号及びフォーカスエラー信号に基づいて駆動系1911が光学系を駆動することによって、光ディスク807上のレーザ光スポットの位置を調整する。

【0071】本実施例の半導体レーザ1901は、可飽和吸収層を有している。このため、光ディスク1907から反射されたレーザ光の一部がハーフプリズム1905と回折格子1904を透過して半導体レーザ1901に戻ってきても、低ノイズの相対強度雑音は低いレベルに維持される。

【0072】このように、本発明の光ディスク装置によれば、高周波重畳用の回路部品を用いることなく、波長が630~680nm帯で低歪みの再生が達成される。従来の波長が630~680nm帯AlGaInP系半導体レーザ素子は、安定な自励発振を起こせなかったため、従来のAlGaInP系半導体レーザ素子を光ディスク装置に用いる場合、高周波を駆動電流に重畳することによって、戻り光雑音を抑制する必要があった。そのためには、大型の高周波重畳回路が必要となり、光ディスク装置の小型化に不適当であったが、本実施例の光ディスク装置は、小型化にも有利である。

【0073】

【発明の効果】本発明では以下の効果が得られる。

【0074】(1)エネルギーギャップ差を30から200meVとすることで可飽和吸収層がレーザ光を効率よく吸収するとともに、光の吸収も飽和するため、安定した自励発振が得られる。特にエネルギーギャップが50~100meVの範囲では、可飽和吸収層の飽和条件が最適となり、さらに動作電流も大きくならないので、特性のよい自励発振特性が得られる。

【0075】(2)光ガイド層を設ければ、可飽和吸収層の体積が小さくても、可飽和吸収層でのキャリア密度を容易に上げられ、強く安定した自励発振特性を得ることができる。

【0076】(3)活性層の量子井戸層と可飽和吸収層をとともに格子整合の組成を用いても、秩序構造、無秩序構造とすることにより、エネルギーギャップを設定できるので、結晶性の劣化の少ない系で自励発振特性を実現できる。

【0077】その結果、広い温度範囲に渡り相対雑音強

度の低い半導体レーザを実現できる。

【0078】本発明の光ディスク装置の効果は以下の通りである。

(1) 従来のAlGaInP系の630nmから680nmの波長を持つ半導体レーザを光ディスク装置に用いようとするれば、自励発振特性を有していないので、半導体レーザに高周波を重畳して雑音特性をよくする必要があった。しかし、本発明の自励発振型の半導体レーザを用いることで、レーザに高周波を重畳するための回路を必要としないので、部品点数が少ない簡単な構成で、小型が図れ、かつ高性能の光ディスク装置となる。

【0079】(2) CD (コンパクトディスク) で用いられていたレーザは、自励発振型のレーザであったが、このレーザは、AlGaAs系であり、波長は780nmである。したがって、本発明の自励発振型のレーザは、波長を従来の780nmから650nmにできるので、780nmのレーザでは困難な高密度のROMでも再生できる。

【0080】(3) この半導体レーザを光ディスク装置の光源として用いる。このレーザにより、再生時の光ディスク (記録媒体) からの戻り光による雑音特性もよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】エネルギーギャップを説明するための模式図

【図2】本発明による半導体レーザの第1の実施例の断面図

【図3】第1の実施例のバンドギャップエネルギー図

【図4】(a) は、 P_{max} を説明する光出力特性図

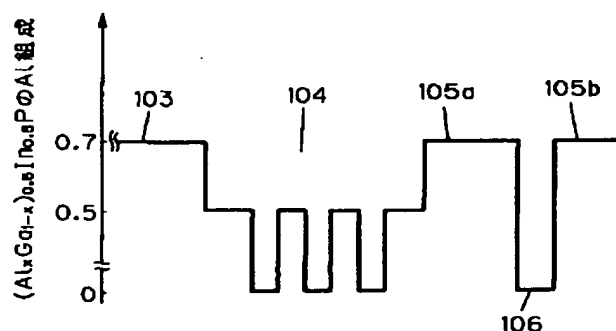
(b) は、 P_{max} よりも大きな光出力を与える条件での光出力の時間変化を示す図

(c) は、 P_{max} よりも小さな光出力を与える条件での光出力の時間変化を示す図

【図5】本発明の第1の実施例についての T_{max} 、 P_{max} 特性図

【図6】エネルギーギャップと動作電流との関係を示す特性図

【図3】



【図7】動作電流と寿命時間との関係を示す特性図

【図8】本発明の第1の実施例の光出力特性図

【図9】本発明の第1の実施例の光出力の時間変化を示す図

【図10】本発明による半導体レーザの第2の実施例の断面図

【図11】第2の実施例のバンドギャップエネルギー図

【図12】(a) は、光ガイド層を設けない場合の光強度分布図

(b) は、光ガイド層を設けた場合の光強度分布を示す図

【図13】第2の実施例における光閉じ込め率を示す特性図

【図14】本発明による半導体レーザの他の実施例のバンドギャップエネルギー図

【図15】本発明における可飽和吸収層と光ガイド層との位置関係を示すバンドギャップエネルギー図

【図16】光ガイド層内に可飽和吸収層を設けた場合のバンドギャップエネルギー図

【図17】GaInP結晶の成長温度とバンドギャップとの関係を示す図

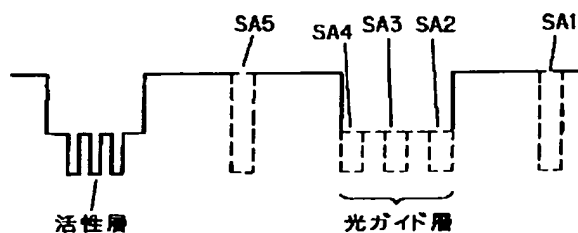
【図18】可飽和吸収層の位置を示す構造断面図

【図19】本発明の実施例による光ディスク装置の構成図

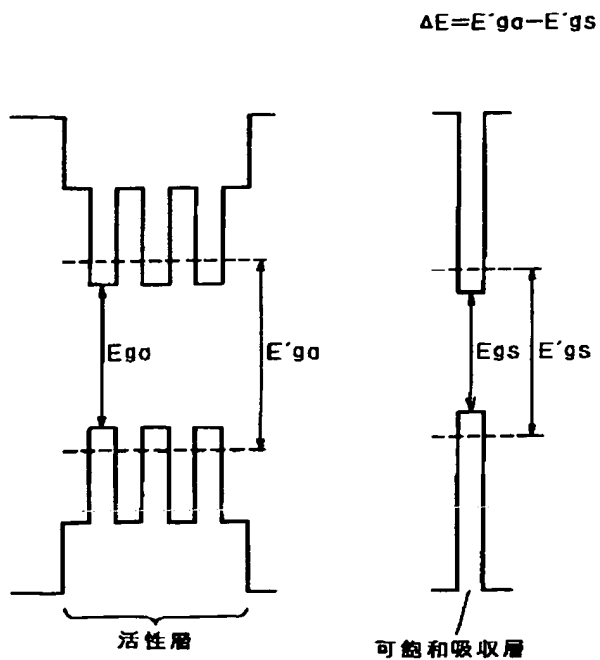
【符号の説明】

- 101 基板
- 102 バッファ層
- 103 n型クラッド層
- 104 活性層
- 105a, 105b p型クラッド層
- 106 可飽和吸収層
- 110 コンタクト層
- 111 電流ブロック層
- 112 キャップ層
- 113 p電極
- 114 n電極
- 707 光ガイド層

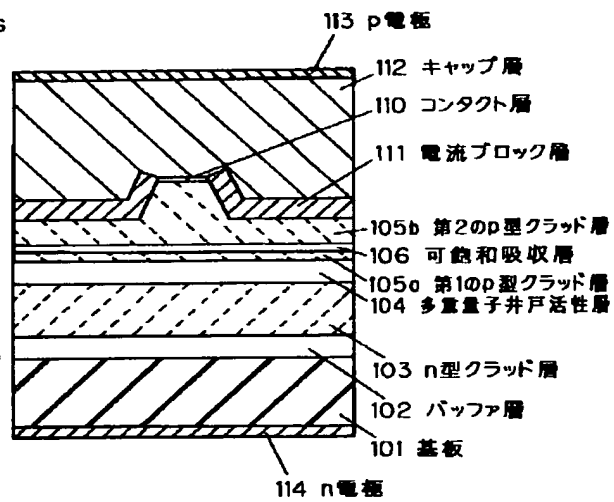
【図15】



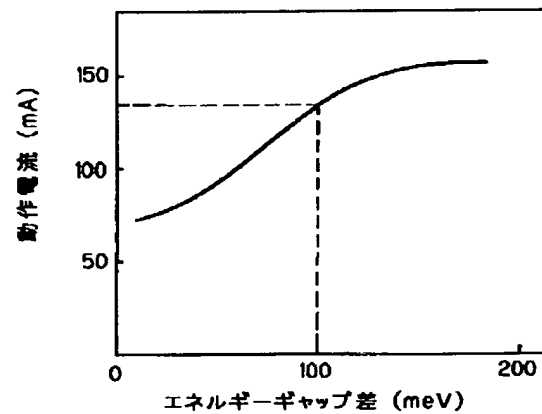
【図1】



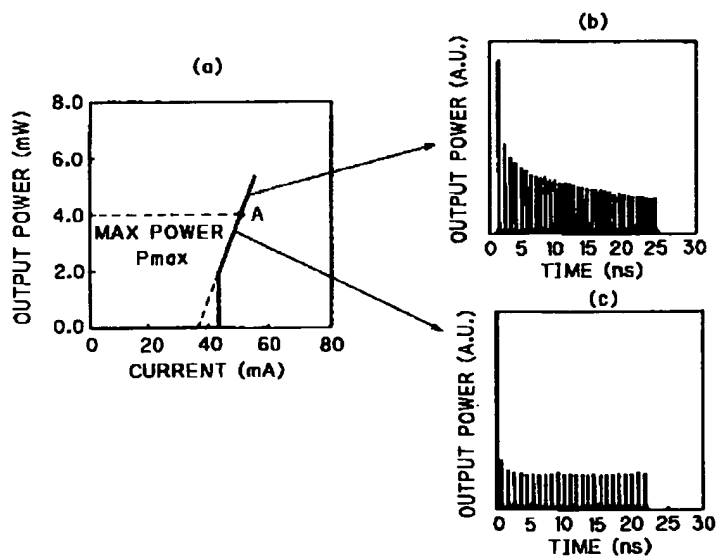
【図2】



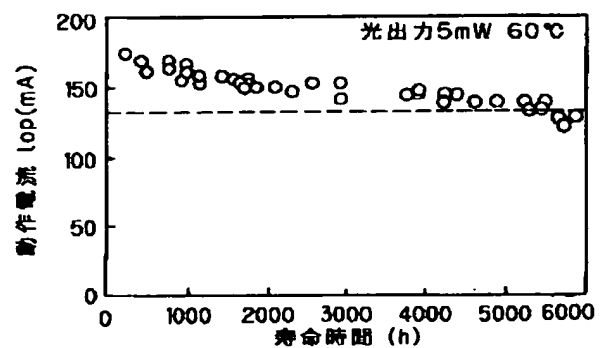
【図6】



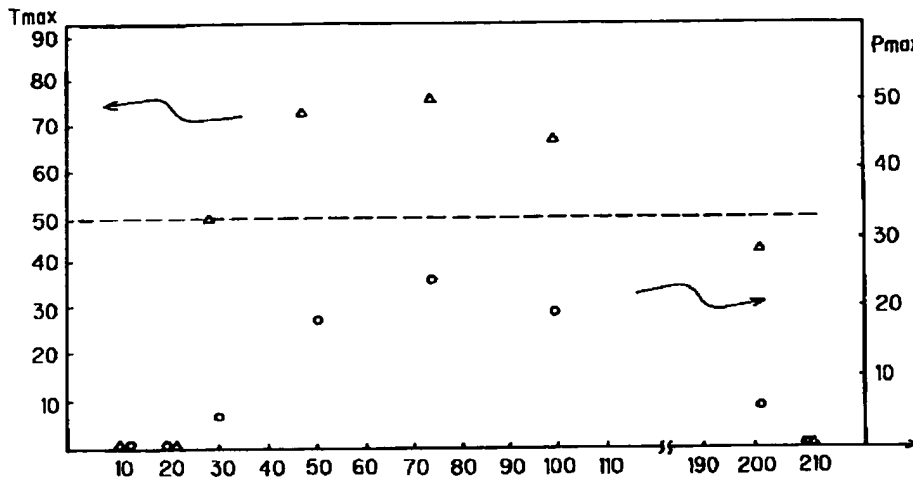
【図4】



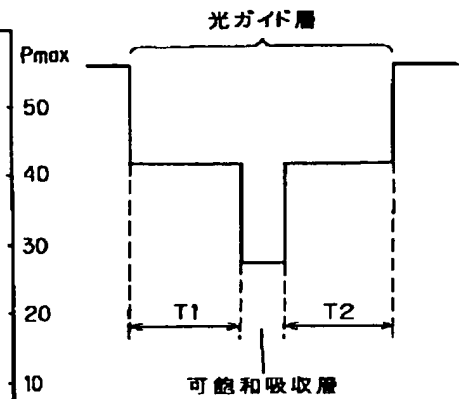
【図7】



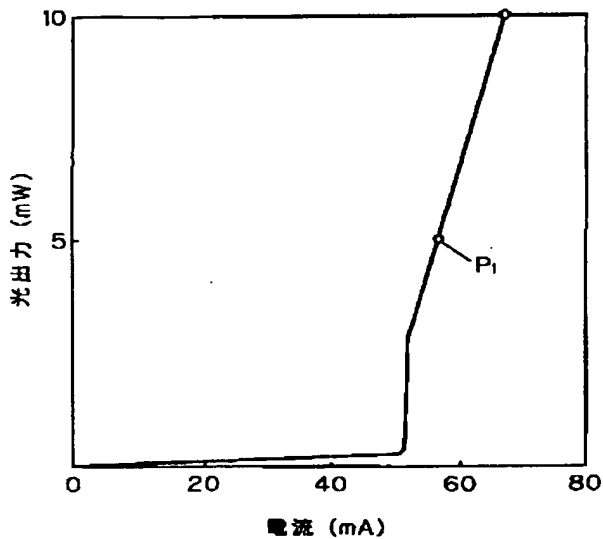
【図5】



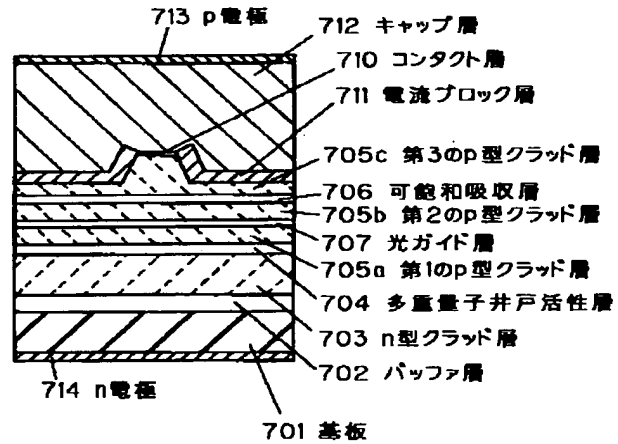
【図16】



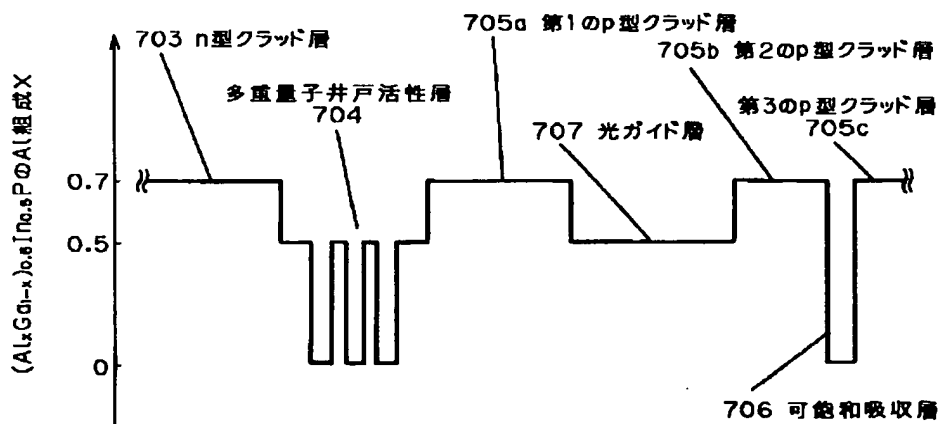
【図8】



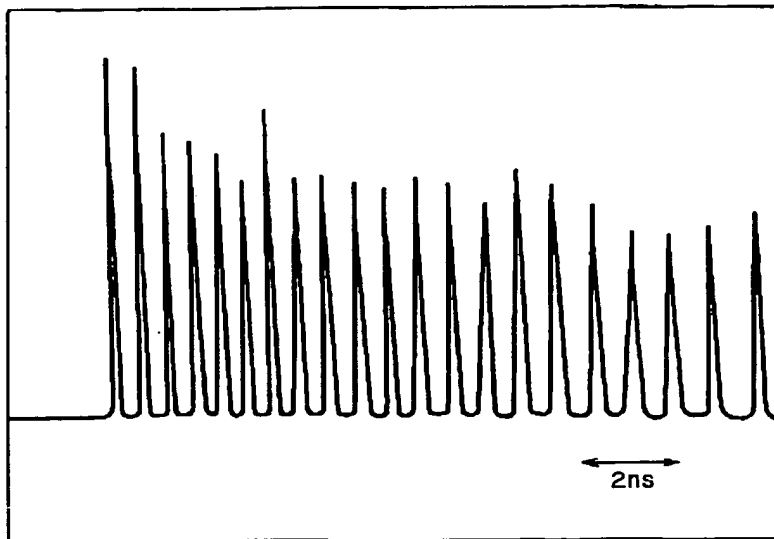
【図10】



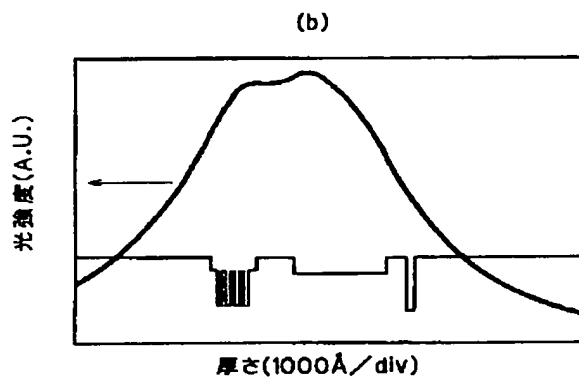
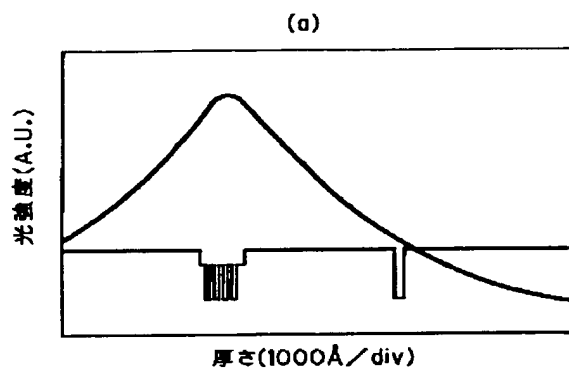
【図11】



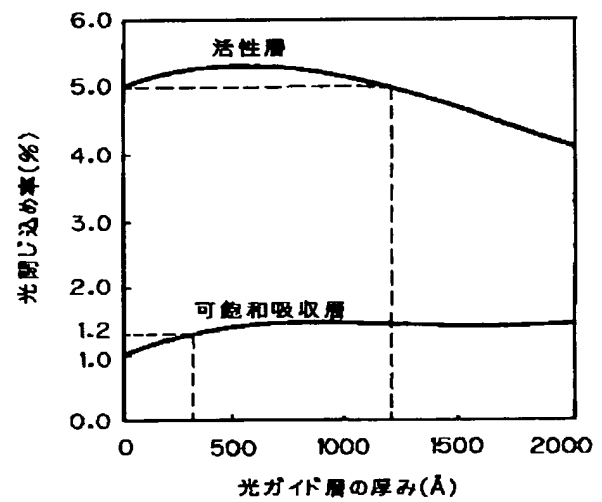
【図9】



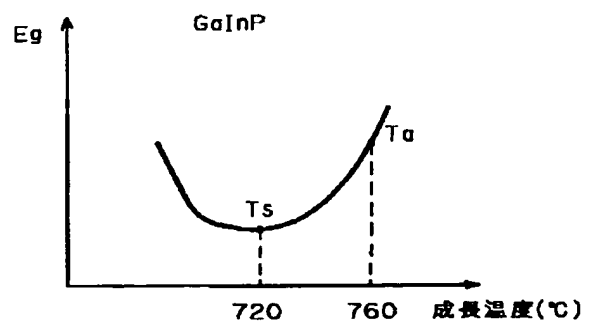
【図12】



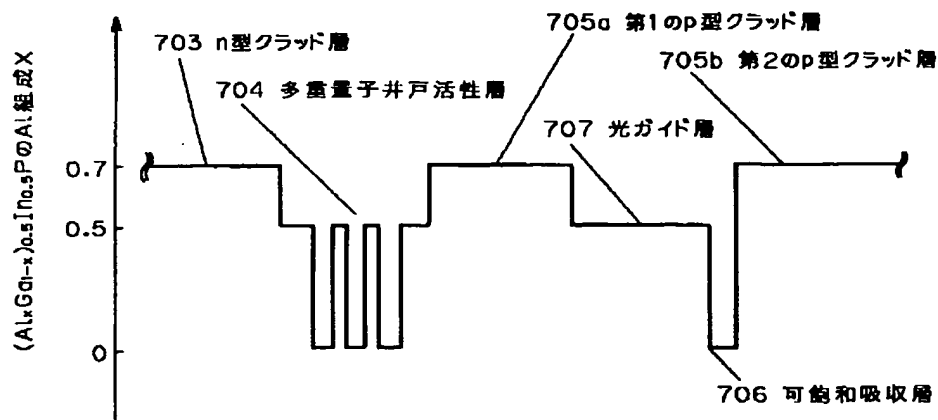
【図13】



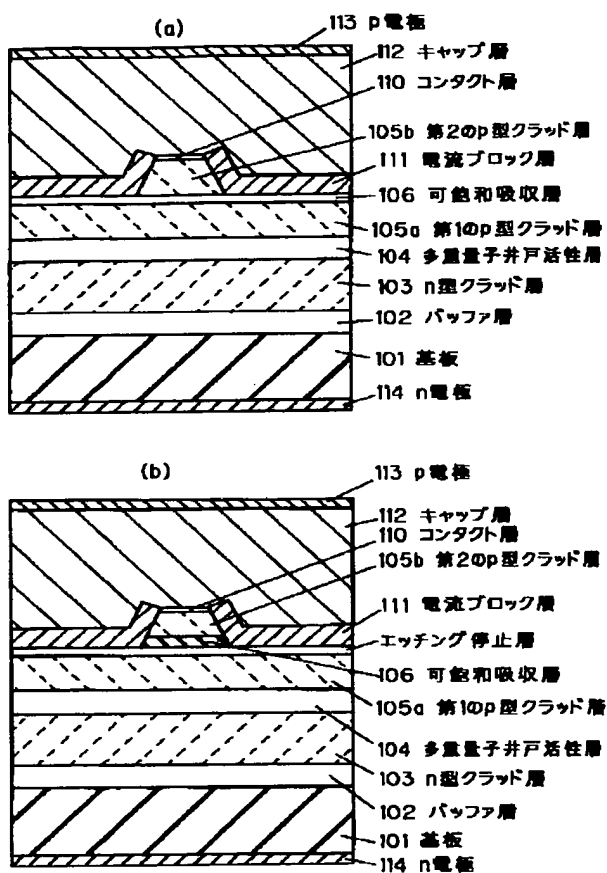
【図17】



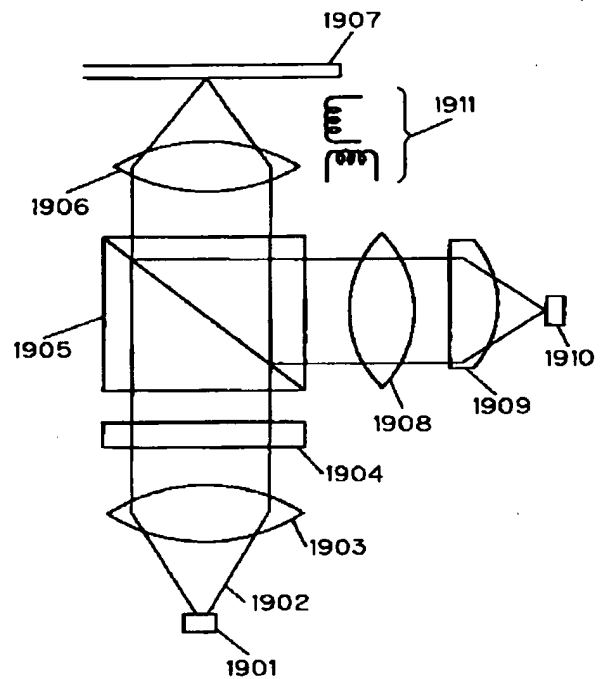
【図14】



【図18】



【図19】



フロントページの続き

(72)発明者 高森 晃
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 萬濃 正也
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 福久 敏哉
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内